



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

6. Von den Pseudomorphosen.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84232)

Auf engen Klüften oder Fugen der Gesteine bilden sich häufig durch Infiltrationen von Wasser, welches Metallsalze aufgelöst hält, die sog. Dendriten, feine und z. Th. äusserst zierliche baum- oder strauchähnliche Zeichnungen, welche schon *Scheuchzer* 1709 sehr richtig für das erkannte, was sie sind (*tinctura arborifica*), obgleich sie auch später noch oft für Pflanzenabdrücke gehalten wurden. Es sind besonders Eisenoxydhydrat, Eisenoxyd und Manganoxyde, welche dergleichen Dendriten bilden, daher sie bald gelb oder braun, bald roth, bald schwarz erscheinen. Sie sind nur oberflächliche, auf beiden Wänden fast geschlossener Fugen oder Klüfte, unter Mitwirkung der Capillarität entstandene Zeichnungen, bei denen das Pigment gewöhnlich sehr dünn, bisweilen auch relativ dick aufgetragen ist. Es kommen aber auch körperliche Dendriten vor, welche sich innerhalb einer Mineral- und Gesteinsmasse nach allen Richtungen ausbreiten. Zu den körperlichen Dendriten gehören auch die pflanzenähnlichen Einschlüsse der sog. Moosachate, welche, wenn sie grün erscheinen, von Grünerde oder Chlorit gebildet zu sein scheinen und ebenfalls früher vielfach irrthümlicher Weise für wirkliche vegetabilische Petrefacte gehalten wurden. Uebrigens sind wohl viele Dendriten kryptokrystallinischer Natur.

6. Von den Pseudomorphosen.

§ 81. Allgemeine Verhältnisse derselben. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen des Mineralreichs gehören die Pseudomorphosen. So nennt man nämlich diejenigen krystallinischen oder amorphen Mineralkörper, welche ohne selbst Krystalle zu sein, die Krystallform eines anderen Minerals zeigen¹⁾. Diese Krystallformen der Pseudomorphosen sind meist sehr wohl erhalten und leicht erkennbar, ja zuweilen ganz scharfkantig und glattflächig²⁾. Zerschlägt man aber eine Pseudomorphose, so erkennt man, dass sie keineswegs aus einem Individuum der ihrer Form entsprechenden Mineralart, sondern meist aus einem körnigen, faserigen, blätterigen oder dichten Aggregat einer ganz anderen Mineralart besteht. Die Krystallform einer Pseudomorphose, welche dem sie

1) Früher wurden sie auch Afterkrystalle genannt; der Name Pseudomorphose stammt von *Hauy*. Unter ihm wurden von Anfang an Gebilde zusammengefasst, welche sich später als auf sehr abweichendem Wege entstanden herausgestellt haben. Wäre nicht die Bezeichnung Pseudomorphosen somit ein Sammelname für Körper, welche ihre Eigenthümlichkeit zum Theil auf rein mechanischem Wege erlangt haben, so würde es mit Rücksicht auf den anderen umfangreicheren Theil wohl gerechtfertigt erscheinen, das folgende Kapitel in demjenigen Hauptstück, welches sich mit den Umbildungsvorgängen der Mineralien befasst, zu behandeln. Sie finden sich hier an dieser Stelle besprochen, weil sie sämmtlich zu den Aggregaten gehören.

Zusammenfassendes über die Pseudomorphosen findet sich (abgesehen von fast unzähligen einzelnen Mittheilungen) in:

Breithaupt, Ueber die Echtheit der Krystalle, Freiberg 1815.

Haidinger, Annal. d. Phys. u. Chemie, Bd. 44, S. 473, 366; Bd. 62. 1844. S. 461.

Landgrebe, Die Pseudomorphosen im Mineralreich, Kassel 1844.

R. Blum, Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart 1843; nebst vier Nachträgen dazu aus den Jahren 1847, 1852, 1863 und 1879; die reichhaltigste Fundgrube für alles damals Bekannte.

Th. Scheerer, Artikel »Afterkrystalle« im Handwörterbuch d. reinen u. angewandten Chemie, 2. Aufl., 1857.

Delesse, Recherches sur les pseudomorphoses, Ann. des mines [5], tome XVI. 1859. 347.

G. Bischof, Lehrbuch d. chemischen u. physikalischen Geologie, 2. Aufl. Bonn, I. 1863, II. 1864.

Eugen Geinitz, N. Jahrb. f. Miner. 1877. 449; Miner. u. petrogr. Mittheil. 1879. 489.

J. Roth, Allgemeine u. chemische Geologie, Berlin I. 1879.

2) An dem Dasein einer äusseren Krystallform muss wohl bei dem Begriff der Pseudomorphosen festgehalten werden. Verändern sich traubige oder nierförmige Massen von Rotheisen unter Erhaltung der Gestalt und Textur in Brauneisen, oder blätterige Aggregate von Gyps in Aragonit, so ist dies nur eine Umwandlungerscheinung, aber nicht — wie *Haidinger* und *Tschermak* wollen — eine Pseudomorphose.

aufweisenden Mineral nicht zukommt, ist nur das rückständige Monument des ursprünglichen und oft spurlos verschwundenen Krystalls, um welchen, in welchem, oder aus welchem die Pseudomorphose entstanden ist. Einer fremden Substanz also, deren Dasein stets der Ausbildung der Pseudomorphose vorangehen musste, verdanken diese Formen ihre Existenz, nicht der eigenen, freiwilligen Krystallisationskraft des pseudomorphen Minerals.

Nach ihrer verschiedenen Entstehung und Beschaffenheit lassen sich die Pseudomorphosen zuvörderst als hypostatische und metasomatische Pseudomorphosen unterscheiden. Die hypostatischen Pseudomorphosen sind solche, welche durch den, von den Begrenzungsflächen eines Krystalls aus mechanisch erfolgten Absatz eines fremdartigen Minerals entstanden; die metasomatischen Pseudomorphosen dagegen solche, die vermöge der substantiellen Umwandlung eines Krystalls, vermöge der chemischen Ersetzung seiner Substanz durch eine andere, und zwar unter Beibehaltung seiner Form, gebildet wurden.

Die hypostatischen Pseudomorphosen haben sich von den Begrenzungsflächen des Krystalls aus entweder nach aussen, oder nach innen (oder nach beiden Richtungen hin) gebildet, und man unterscheidet demnach Umhüllungs-Pseudomorphosen und Ausfüllungs-Pseudomorphosen.

§ 82. Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphosen. Die Umhüllungs-Pseudomorphosen sind wesentlich nichts anderes, als die in den §§ 75 und 79 erwähnten abformenden Krusten, welche irgend ein Mineral über den Krystallen eines anderen Minerals bildete; doch pflegt man nur die dünneren, mikrokrySTALLINISCHEN, KRYPTOKRYSTALLINISCHEN oder amorphen Krusten, deren Oberfläche die Form des umhüllten Krystalls deutlich wiedergibt, als Pseudomorphosen zu bezeichnen. Sie sind zuweilen papierdünn, haben meist eine drusige, rauhe, fein nierförmige oder gekörnte Oberfläche, und umschliessen oft noch den umhüllten Krystall, wie eine Schale den Kern. Sofern aber an diesem Krystall mit seinem Ueberzug keine weiteren Veränderungen vorgegangen sind, kann man den letzteren kaum als eine Pseudomorphose im strengsten Sinne des Wortes bezeichnen.

Sehr häufig ist jedoch dieser Krystall durch einen späteren Auflösungsprocess, welcher die Umhüllung verschonte, gänzlich oder theilweise zerstört und entfernt worden, und dann können zweierlei verschiedene Verhältnisse stattfinden.

1) Entweder ist der dadurch frei gewordene Krystallraum leer geblieben, und die Innenseite der Umhüllungs-Pseudomorphose stellt dann einen vollkommenen negativen Abdruck der Krystallform dar.

Auf Gängen ist diese Ueberkrustung und spätere Wegführung des inneren Krystalls eine sehr gewöhnliche Erscheinung; hauptsächlich ist es der Quarz, welcher in dünnen Rinden andere Krystalle, z. B. Kalkspath, Eisenspath überzieht, und wegen seiner Widerstandsfähigkeit bei nachfolgenden Lösungsvorgängen als Hülle von fremder erborgter Gestalt übrig blieb.

2) Oder es gab der entstandene leere Raum Gelegenheit zum Absatz neuer Substanz an der Innenseite der Umhüllungs-Pseudomorphose, wodurch dieselbe zuweilen gänzlich, gewöhnlich aber nur theilweise ausgefüllt wurde, indem diese innere Bildung zuletzt mit einer kleinen Krystall- oder Stalaktiten-Druse endigte. Eine derartige Ausfüllungs-Pseudomorphose setzt demnach stets das Dasein

einer früher gebildeten Umhüllungskruste voraus und besitzt äusserlich ebenfalls nur eine entliehene, nicht selbständige Form.

Man hat also bei dieser Combination einer Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphose vier Acte zu unterscheiden: Bildung des ursprünglichen Krystalls, Ueberkrustung desselben, Fortführung des Krystalls, Ausfüllung des Hohlraums durch eine andere Substanz. Allerdings ist somit zu ihrer Entwicklung eine immerhin complicirte Reihe von Processen erforderlich, von Vorgängen aber, welche keineswegs so schwierig denkbar oder so unwahrscheinlich sind, dass man deshalb die Existenz von Ausfüllungs-Pseudomorphosen überhaupt gänzlich in Abrede zu stellen berechtigt wäre, wie dies früher wohl geschehen ist. Man erwäge nur, dass sich in den Niederschlägen der Gangräume oft eine vielfache Succession und Repetition sehr verschiedenartiger Substanzen zu erkennen gibt, welche beweist, dass die, auf einer und derselben Gangspalte circulirende Mineralsolution im Lauf der Zeit eine sehr verschiedenartige Beschaffenheit hatte, und daher noch weit mehr als vier verschiedene Acte der Bildung und Zerstörung nach einander bedingen konnte.

Die Substanz, welche den leeren Raum ausfüllte, ist in den meisten Fällen dasselbe Mineral, aus welchem auch die Hülle besteht, oder eine Varietät desselben; hier fand also eine successive Repetition des Absatzes statt, unterbrochen durch die Auflösung des überrindeten Krystalls. Bisweilen gehören aber auch Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphosen verschiedenen Mineralien an. Für die Ausfüllungs-Pseudomorphosen ist es charakteristisch, dass die auf der Innenseite der Hülle gebildeten Individuen eine einwärts gewandte Stellung besitzen.

Wenn später auflösende Substanzen auf die ausgefüllte Umhüllungs-Pseudomorphose einwirkten, so konnte, sofern Schale und Kern demselben Mineral angehörten, nicht die erstere weggeführt werden, ohne dass auch der letztere zerstört worden wäre. Bestanden sie dagegen aus verschiedenen Mineralien, so mochte der Fall eintreten, dass nur die Hülle dem Lösungsprocess unterlag und verschwand, während die Ausfüllung davon nicht angegriffen wurde. Alsdann bleibt also nur noch die Ausfüllungs-Pseudomorphose erhalten, und man würde sie gar nicht von einer directen Umwandlung des ursprünglichen Krystalls unterscheiden können, wenn nicht die Geschichte ihrer Bildung innerhalb eines Hohlraums durch die einwärts gekehrte Richtung ihrer Individuen und durch die öftere Anwesenheit von Drusen im Inneren erwiesen würde.

§ 83. **Umwandlungs-Pseudomorphosen.** Eine Umwandlungs-Pseudomorphose ist eine solche, welche durch die innere Umwandlung eines krystallisirten Minerals in ein anderes, krystallinisches oder amorphes Mineral entstanden ist, ohne dass dabei die äussere Form des ursprünglichen Minerals verloren ging. Diese Umwandlung ist in den allermeisten Fällen eine substantiell-chemische; nur äusserst selten handelt es sich dabei um eine blose Veränderung oder Umlagerung der Molecüle bei gleichgebliebenem chemischen Analysenresultat. Da nun diese Umwandlung gewöhnlich an der Oberfläche beginnt, und allmählich weiter einwärts dringt, so findet man gar nicht selten im Inneren einer solchen Pseudomorphose noch einen unveränderten Kern des ursprünglichen Minerals, aus dessen Zersetzung die Pseudomorphose hervorgegangen ist; Fig. 298 ist ein Schnitt durch einen Krystall



Fig. 298.

von Olivin, von welchem innerhalb des serpentinischen Umwandlungsproducts noch Reste conservirt geblieben sind. Diese nur partielle Alteration ist deshalb besonders wichtig, weil durch sie die Natur des veränderten Minerals noch sicherer festgestellt wird, als es durch die alleinige Deutung der äusseren Pseudomorphosenform geschehen kann. In manchen Fällen ist sogar die Spaltbarkeit des ursprünglichen Minerals noch mehr oder weniger erhalten geblieben, wie z. B. in den Pseudomorphosen von Gyps nach Anhydrit¹⁾, von Aragonit nach Gyps, von Brauneisen nach Eisenspath u. s. w.

Alle genaueren Untersuchungen vereinigen sich dahin, dass der Stoffwechsel, um welchen es sich hier handelt, in erster Linie durch das in feinster Vertheilung hinzutretende und verschiedene Substanzen gelöst enthaltende Wasser herbeigeführt wird.

Früher in den alten Mineraliensammlungen nur als ein zufälliges schliessliches Anhängsel in ein Armsünderchränken verbannt, als ein verwahrlostes Häuflein seltener und sinnloser Missgeburten mit viel Verwunderung und wenig Nutzen betrachtet, bilden die Umwandlungs-Pseudomorphosen schon seit geraumer Zeit den Gegenstand grossen wissenschaftlichen Interesses und eines eifrigen Studiums, welches auch für die Geologie zu so bedeutsamen Resultaten geführt hat, dass der Einfluss jener unscheinbaren Gebilde auf ganze grosse Kapitel dieser Wissenschaft unverkennbar ist. Denn sie vermitteln uns die Erkenntniss und Specialisirung der gesetzmässig verlaufenden chemischen Processe, welche in dem grossen Laboratorium der äusseren Erdkruste thätig sind.

So nachdrücklich und erfolgreich haben übrigens diese Alterationsvorgänge nachgewiesenermassen oftmals gespielt, dass alle die unzähligen Individuen eines Minerals auf einer local begrenzten Lagerstätte, z. B. einem Erzgang, sammt und sonders bis auf das letzte in eine andere Substanz umgewandelt sind, so dass nur in ihrer gegerteten Form das Andenken an ihr früheres Vorhandensein dort aufbewahrt wird.

Die alte Form ist mitunter ganz vorzüglich erhalten: die Kantenwinkel sind nur von höchst geringfügigen Veränderungen in ihrem Werth oder in ihrer Schärfe betroffen worden und charakteristische Oberflächenerscheinungen, z. B. die oscillatorische Combinationsstreifung, bisweilen völlig unverwischt geblieben. Die Reinheit, in welcher bei sehr vielen Pseudomorphosen die ursprüngliche Form gewahrt blieb (z. B. Quarz nach Datolith, Brauneisenerz nach Eisenkies), deutet darauf hin, dass es wahrscheinlich sehr verdünnte wässrige Auflösungen waren, welche in langen Zeiträumen allmählich die Veränderung bewirkten.

Die pseudomorphe Umbildung ist nur ein ganz specieller Fall der grossartigen chemischen Veränderungsvorgänge im Mineralreich, derjenige nämlich, bei welchem während und trotz der Metamorphose die äussere Gestalt erhalten blieb. Tausendfältig häufiger sind der Natur der Sache gemäss die wenn auch eben so gesetzlich, dann doch weniger exact und vorsichtig verlaufenden Processe, durch welche neben der alterirten chemischen Beschaffenheit auch die Krystallform des ursprünglichen Minerals entweder bis zur Unkenntlichkeit verunstaltet oder gänzlicher Zerstörung preisgegeben wurde.

Da wo bei der beginnenden materiellen Umwandlung ein Mineral neue Stoffe, wenn auch nur in spärlicher Menge in sich aufgenommen hat, mag der analysirende Chemiker leicht verleitet sein, dieselben für zufällig beigemengte Bestandtheile zu halten. Scheinbar unwesentlich und lästig, weil sie der Formelconstruction Schwierigkeiten bereiten, werden sie aber bedeutungsvoll, wenn man sie mit der Zusammensetzung der vollendeten Pseudomorphosen vergleicht und gewahrt, dass sie das erste

¹⁾ Nach dem Vorgang von *Blum* wird das Mineral, aus welchem die Pseudomorphose jetzt besteht, zuerst, darauf, durch »nach« verbunden, das ursprüngliche genannt.

Stadium des Uebergangs in ein anderes Mineral bezeichnen. Das oft versuchte Einzwängen solcher unbestimmter Zwischenstufen in irgend eine chemische Formel hat natürlich keinen Sinn, und von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, mag der Selbstständigkeit mancher sogenannter Mineralspecies ernstliche Gefahr drohen.

Etliche Mineralien sind sogar der Umwandlung in mehr abweichend geartete Producte fähig; einen solchen Ausgangspunkt für eine vielgliederige Reihe von verschiedenen pseudomorphen Mineralien bildet z. B. der Cordierit: der Pinit, Aspasiolith, der Gigantolith, Oosit, Pyrargyllit, Bonsdorffit, Fahlunit, Praseolith, Esmarckit, Chlorophyllit, Iberit — alle diese theils glimmerähnlichen, theils serpentinarartigen wasserhaltigen Gebilde sind nichts weiter als ehemaliger Cordierit, der sich auf verschiedenen Stadien und in verschiedenen Richtungen der chemisch wohl zu verfolgenden Zersetzung befindet, dessen zwölfblättrige Säulengestalt sie grösstentheils beibehalten und dessen halbfrische Ursubstanz sie vielfach als verschonten Kern noch einschliessen.

Bei der pseudomorphen Umwandlung liefern manche Mineralien nicht nur eine neue Substanz, sondern ein Gemenge von zweien oder mehreren, wobei dann allerdings eine derselben vorzuwalten und die Bezeichnung zu liefern pflegt; so wandelt sich mancher Olivin in vorherrschenden Serpentin um, vermischt mit Brauneisenstein und Quarz. Bisweilen sind in solchen Fällen gewisse der spärlicher vorhandenen Substanzen selbst wieder weitere Umwandlungsproducte der vorwaltenderen. So erweisen sich auf den Turjinskischen Kupfergruben Pseudomorphosen von Kupferkies nach Kupferglanz aussen in Tenorit umgewandelt.

Die Umwandlung der Mineralkörper schreitet auf den verschiedensten Wegen gegen die frische Substanz vor, theils vorhandenen Spaltrissen, Sprüngen oder mikroskopischen Capillarspältchen, auch fremden Einschlüssen im Mineral folgend, theils sich nach der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit im Inneren des Krystalls richtend; und zwar entweder in unregelmässigen körnigen, flockigen, blätterigen oder strahligen Partikelchen oder andererseits in Krystallcontouren erscheinend, welche bald dem Umwandlungsproduct, bald dem ursprünglichen Mineral eigenthümlich sind. In seltenen Fällen beginnt übrigens auch die Veränderung im Inneren der Krystalle, z. B. bei den zonenförmig-isomorph geschichteten Plagioklasen, deren Kern kieselsäureärmer und kalkreicher, deshalb leichter angreifbar ist, als die äusseren Schichten; oder wenn ein grosser Reichthum an Gasporen gerade im Inneren dort den Anfang der Umwandlung begünstigt.

Eine Combination von Umhüllungs- und Umwandlungs-Pseudomorphosen zeigen nach *Blum* Gebilde von Kautenbach bei Bernkastel; hier hat sich über Cerussitkrystallen eine papierdünne Lage von Bleiglanz abgesetzt, darüber Calcit, ebenfalls noch in der Form des Cerussits; später ist dann der innere Cerussit in Calcit umgewandelt worden.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen kann man in drei Gruppen bringen:

- 1) solche, bei welchen die ursprüngliche und die an ihrer Stelle befindliche Substanz chemisch identisch sind und die Umwandlung nur das Gefüge und physikalische Eigenschaften betroffen hat, sog. *Paramorphosen*;
- 2) solche, die zwar auf chemischer Umwandlung beruhen, bei welchen aber zwischen der ursprünglichen und der pseudomorphen Substanz noch ein chemischer Zusammenhang stattfindet, indem beide Massen einen oder mehrere Bestandtheile gemein haben. Diese können gebildet sein durch:
 - a) Verlust von Bestandtheilen,
 - b) Aufnahme von Bestandtheilen,
 - c) theilweisen Austausch von Bestandtheilen;
- 3) solche, bei welchen die chemischen Bestandtheile beider Substanzen

vermöge des stattgefundenen völligen Stoffaustausches gänzlich von einander verschieden sind (*Blum's* Verdrängungs-Pseudomorphosen).

In den meisten Pseudomorphosen bildet das neue Mineral ein regelloses und verworrenes Aggregat von Individuen; in manchen Fällen aber behaupten diese epigenetischen Individuen eine parallele Stellung zu einander, und zugleich eine gesetzmässige Stellung zu der Krystallform des ursprünglichen Minerals.

Letzteres ist z. B. der Fall bei der Pseudomorphose von Aragonit nach Gyps (sog. Schaumkalk), indem die Verticalaxen und seitlichen Pinakoide beider Mineralien nach *G. Rose* einander parallel sind; oder bei der Pseudomorphose von Täfelchen des Baryts nach Barytocalcit, wo die Spaltfläche ∞P des Baryts parallel $0P$ des Barytocalcits und die Verticalaxe c des ersteren parallel der Orthodiagonale b des letzteren geht (*Mügge*). Bei der Pseudomorphose von Markasit nach Magnetkies liegen die Kryställchen des ersteren mit $0P$ auf den Prismenflächen des Magnetkieses und die brachydomatische Streifung des ersteren geht parallel der Randkante $0P : \infty P$ des Magnetkieses.

Die einzelnen der oben genannten Fälle erfordern specielle Erläuterung.

1) U.-Ps. (Paramorphosen), gebildet ohne Verlust und ohne Aufnahme von Stoffen, können nur bei einer dimorphen Substanz vorkommen, indem die eine Modification derselben durch eine zweite ersetzt worden ist; sie finden sich im Mineralreich an Anatas- und Arkansitkrystallen, die in Rutil, an Andalusitkrystallen, die in Disthen umgewandelt wurden; der Kohlenstoff des Diamants hat sich so in Graphit umgesetzt, das Schwefelquecksilber des regulären Metacinnabarits in tetartoëdrisch-hexagonalen Zinnober¹⁾.

Hält man sich an die oben gegebene Definition, so gehören die durch blose Stoffumsetzung entstandenen Paramorphosen mit in das Gebiet der Umwandlungs-Pseudomorphosen, schon deshalb, weil die ursprünglich vorhandene und die später an deren Stelle getretene Substanz, wenn sie auch bei der chemischen Analyse dasselbe Resultat geben, sich durch ihr spezifisches Gewicht unterscheiden. Ein interessantes Beispiel liefern auch die aus geschmolzenem Schwefel künstlich dargestellten Krystalle, welche nach einiger Zeit von selbst, oder, mit Schwefelkohlenstoff befeuchtet, sogleich in ein Aggregat von rhombischen Krystallen übergehen, ohne jedoch ihre monokline Form dabei zu verlieren. Zu den Paramorphosen würden aber noch zu rechnen sein die Erscheinungen, welche Leucit, Boracit, Cristobalit darbieten, indem sich hier die reguläre Modification der Substanz unter Beibehaltung der chemischen Zusammensetzung in ein Aggregat von einer unter gewöhnlichen Verhältnissen stabileren, minder symmetrischen Modification umgesetzt hat, welche als solche in einfachen Krystallen nicht bekannt ist.

2a) U.-Ps., gebildet durch Verlust von Bestandtheilen sind nicht sonderlich häufig, z. B. Kalkspath nach Gaylussit (durch Austritt von kohlensaurem Natron und Wasser), Bleicarbonat nach Phosgenit (durch Verlust von Chlorblei), Willemit nach Kieselzink, gediegen Kupfer nach Rothkupfererz (durch Desoxydation), Haus-

¹⁾ Es finden sich sowohl Kalkspathkrystalle, die in Aragonit, als Aragonitkrystalle, die in Kalkspath verändert erscheinen, doch ist es zweifelhaft, ob hier wirkliche Paramorphosen vorliegen. Ueber die ersteren vgl. *Sandberger*, Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. 429. S. 472. Die hierher gestellten Vorkommnisse aus den sicilischen Schwefeldistricten hält *v. Lasaulx* nicht für eigentliche Paramorphosen, sondern für mechanische Ausfüllungs-Pseudomorphosen (N. Jahrb. f. Min. 4879. 507). Vgl. auch *M. Bauer* ebendas. 1886. I. 62, welcher für andere eine Bildung geltend macht, die eher nach Art der Umwandlungs-Pseudomorphosen verlaufen ist. — Die sog. Paramorphosen von Calcit nach Aragonit sind meist sehr porös, was gegen einfache Umlagerung spricht, denn bei solcher hätte gerade eine starke Volumvermehrung eintreten müssen.

mannit nach Manganit, Magneteisen nach Eisenglanz, Silberglanz nach Rothgültigerz (durch Verlust von Schwefelantimon oder Schwefelarsen).

Künstlich kann man nach den Versuchen von *Berzelius* den Vorgang bei dieser letzteren Umwandlung nachahmen, indem man Rothgültigerzkrystalle in eine Auflösung von Schwefelalkalien bringt, welche in wenigen Stunden die Sulfosäure auszieht und das Schwefelsilber zurücklässt.

2b) Bei den U.-Ps., gebildet durch Aufnahme von Bestandtheilen, sind es meistens Sauerstoff, Wasser oder Kohlensäure, welche in die neue Verbindung eintreten; z. B. die weit verbreitete Umwandlung von Anhydrit in Gyps, die Pseudomorphosen von Malachit nach Rothkupfererz (welches bisweilen seinerseits selbst schon eine hierher gehörige Pseudomorphose nach gediegen Kupfer ist), von Eisenoxyd nach Magneteisen, von Bleivitriol nach Bleiglanz.

Die Pseudomorphose von Eisenoxyd nach Magneteisen (Eisenoxyduloxyd) kann entweder durch Oxydation des Eisenoxyduls (2b) oder so gedeutet werden, dass kohlen-säurehaltiges Wasser auf die Krystalle einwirkte, welches Eisenoxydul auflöste, Eisenoxyd zurückliess (2a).

2c) Bei den U.-Ps., erzeugt durch theilweisen Austausch der Bestandtheile, hat die ursprüngliche Substanz gewisse Theile verloren, andere dafür aufgenommen, z. B. Aragonit nach Gyps, Kaolin nach Feldspath, Baryt nach Witherit, Bleiglanz nach Pyromorphit, Malachit nach Kupferlasur, Brauneisenerz nach Eisenspath oder Eisenspath, Grünerde nach Augit, Zinkspath nach Kalkspath.

Mehrfach findet hierbei der wechselseitige Austausch von Kohlensäure gegen Wasser statt, indem das letztere, wo es lange Zeit und in steter Zufuhr sich erneuernd wirkt, eine so schwache Säure, wie es die Kohlensäure ist, auszutreiben und sich selbst an deren Stelle zu setzen vermag (z. B. Malachit nach Kupferlasur, Brauneisenerz nach Eisenspath). — In manchen Fällen lässt sich solcher Austausch von Bestandtheilen als das Resultat einer einfachen, auf sog. doppelte Wahlverwandschaft gegründeten Wechselzersetzung zweier Salze betrachten. Wenn z. B. auf Gypskrystalle Wasser einwirkte, welches kohlen-saures Natron gelöst enthielt, so verband sich die Kohlensäure mit dem Kalk des Gypses zu Aragonit, welcher die Form des letzteren beibehielt, während das gebildete schwefelsaure Natron als leicht löslicher Stoff weggeführt wurde. Künstlich kann man, wie *Stein* darthat, diesen Vorgang nachmachen: behandelt man längere Zeit hindurch Gypskrystalle mit einer Auflösung von kohlen-saurem Natron bei 50°, so werden sie in Kalkspath umgewandelt. *Sorby* hat manche dergleichen Pseudomorphosen dargestellt, indem er verschiedene Krystalle in geeigneten Solutionen bei verschiedenen Temperaturen bis zu 150° C. behandelte.

Sehr häufig entstehen solche Pseudomorphosen dadurch, dass das mit einem schwerer löslichen Stoff beladene Wasser diesen absetzt und dagegen einen leichter löslichen auflöst, wobei jener die Form von diesem annimmt. Diese Bildungsweise, auf welche *G. Bischof* aufmerksam gemacht hat, ist nach ihm auch die Ursache einer eintretenden porösen Beschaffenheit. Wenn Gewässer, welches den schwerer darin löslichen Eisenspath enthält, mit dem leichter darin löslichen Kalkspath in Berührung kommt, so wird unter der Voraussetzung, dass sowohl die zugeführte Lösung des Eisenoxydulcarbonats, als die abgeführte des Kalkcarbonats eine gesättigte sei, mehr Kalkspath fortgeführt, als Eisenspath an dessen Stelle tritt, und es müssen sich daher hohle oder poröse Pseudomorphosen bilden — abgesehen davon, dass diese hier schon deshalb entstehen müssen, weil Eisenspath specifisch schwerer als Kalkspath ist. *A. Knop* hat auf diese Weise durch Einwirkung einer Lösung des schwerer löslichen Thonerde-Ammoniakalauns auf Krystalle des leichtlöslichen Eisenoxyd-Ammoniakalauns hohle Krystalle der ersteren Substanz künstlich erzeugt (Z. f. Kryst. IV. 1880. 257).

3) Sehr merkwürdig ist die Gruppe von Pseudomorphosen, welche durch völligen Austausch der Stoffe gebildet wurden, z. B. Quarz nach Flussspath, Quarz nach Kalkspath, Brauneisenstein nach Quarz, Brauneisenstein nach Kalkspath, Zinnstein nach Feldspath, Kieselzink nach Bleiglanz, Eisenkies nach Quarz, Pyrolusit nach Kalkspath u. s. w.

So räthselhaft diese Processe auch meistens sind, so kann man doch bisweilen solche Verdrängungen mit Hülfe der bekannten Zersetzungserscheinungen erklären, namentlich wenn man bedenkt, dass nicht immer eine directe Umwandlung stattgefunden zu haben braucht, sondern dass dieselbe durch Zwischenglieder allmählich vermittelt sein kann. So ist die Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Kalkspath leicht zu deuten, wenn angenommen wird, dass dieselbe zuvörderst das Stadium derjenigen von Eisenspath nach Kalkspath durchlaufen habe; beide Vorgänge, sowohl die Umwandlung von Kalkspath in Eisenspath, als die von Eisenspath in Brauneisenstein, sind einzeln als solche sehr wohl constatirt. So mag ferner die Pseudomorphose von Quarz nach Flussspath in der Weise erfolgt sein, dass Wasser, welches kieselsaures und kohlensaures Natron enthielt, auf Flussspath reagirte: es bildete sich Fluornatrium, welches in Lösung weggeführt wurde, und kieselsaurer Kalk, der seinerseits durch das kohlensaure Natron zersetzt wurde; dabei erzeugte sich kohlensaurer Kalk, welcher gleichfalls im aufgelösten Zustand abgeführt wurde, und Kieselsäure, die als unlösliches Endproduct zurückblieb.

Zu dieser Gruppe von Pseudomorphosen gehört auch, wie *G. Bischof* mit Recht bemerkt, manches, was scheinbar in den Bereich der Gruppe 2c) fällt; jedes pseudomorphe Gebilde nämlich, von welchem sich nachweisen lässt, dass der gemeinschaftliche Bestandtheil nicht von dem verdrängten zu dem verdrängenden Mineral übergegangen sei. So ist z. B. bei der Pseudomorphose von Zinkspath nach Kalkspath nicht etwa nur Zinkoxyd gegen Kalk ausgetauscht worden und die Kohlensäure verblieben, sondern das kohlensaure Zinkoxyd hat als solches den ganz weggeführten kohlensaurigen Kalk verdrängt. Ebenso ist die Gemeinschaftlichkeit des sicherlich nicht vererbten Sauerstoffs bei der Pseudomorphose Quarz nach Kalkspath kein Grund, um dieselbe etwa der Gruppe 2c) zuzugesellen.

Uebrigens hat *Eugen Geinitz* auf mikroskopischem Wege überzeugend nachgewiesen, dass bei manchen der stets in diese Abtheilung gestellten Pseudomorphosen (z. B. Hornstein oder Chalcedon nach Kalkspath oder Flussspath) zunächst eine zarte krustenförmige Umhüllung aus der neuen Substanz sich um den bestehenden Krystall gebildet hat, welche gleichsam die Wandungen des Gefäßes abgab, worin die Umwandlung (vielleicht auch manchmal die Auslaugung und Neu-Ausfüllung) vor sich ging.

E. Geinitz hat vorgeschlagen, die Umwandlungs-Pseudomorphosen der Abtheilung 2a) Apomorphosen, diejenigen der Abtheilung 2b) Epimorphosen, diejenigen der Abtheilung 2c) partielle und endlich die der Abtheilung 3) totale Allomorphosen (statt des längeren Allassomorphosen) zu nennen.

7. Von den organischen Formen.

§ 84. **Verschiedene Arten und Verhältnisse derselben.** Die organischen Formen, in welchen so viele Mineralien und Gesteine auftreten, zeigen manche Analogieen mit den Pseudomorphosen, und lassen sich grossentheils wie diese als hypostatische und metasomatische Gebilde unterscheiden. Je nachdem sie übrigens dem Thierreich oder dem Pflanzenreich angehören, können sie Zoomorphosen oder Phytomorphosen genannt werden.

Eigentliche Umhüllungsgebilde in dem Sinne, wie die Umhüllungs-Pseudomorphosen kommen selten vor (Kalktuff, Sprudelstein). Weit häufiger sind die